

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2015

Otto Pellikka

JÄÄHDYTYSVESIEN KÄYTÖN OPTIMOINTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2015| 29 + 2

Yliopettaja Timo Vaskikari

Otto Pellikka

JÄÄHDYTYSVESIEN KÄYTÖN OPTIMOINTI

Tämä opinnäytetyö tehtiin SSAB:n toimeksiantona. Tarkoituksena on perehtyä SSAB Hämeenlinnan vesilaitoksen toimintaan ja optimoida jäähdytysvesien käyttöä. Työssä kuvataan vesilaitoksen laitteistoa ja toimintaa, sekä tuodaan esille käyttöön liittyvää ohjeistusta. Työn tarkoituksena on tehdä ajosta sujuvaa ja energiatehokasta.

Työmenetelminä opinnäytetyössä käytettiin laitteiston kirjallisuutta, operaattorien ja esimiesten haastatteluja sekä kerättyjä trendejä laitteiston ohjauksesta.

Oleellisena osana työssä on perehdytty rantapumppaamon ja välipumppaamon pumpppujen optimointiin sekä luotu pumpuille tarvittavia raja-arvoja sujuvaa ajoa ajatellen.

Tällä hetkellä ongelmaksi muodostuu suuri määrä hukkaenergiaa, jota turhat pumpput käyttävät. Tulevaisuudessa mahdollisia muutoksia prosessiin voitaisiin hakea täsmällisten ajo-ohjeiden sekä automatisoinnin avulla.

ASIASANAT:

jäähdytysvesi, vesilaitos

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

2015 | 29+2

Principal lecturer Timo Vaskikari

Otto Pellikka

COOLING WATER OPTIMIZATION

This thesis was commissioned by the SSAB. The purpose of the thesis was to study with SSAB Hämeenlinna waterworks activities and optimize the use of cooling water. The thesis introduces the waterworks installation, operation, and highlights related to the instructions for use. Purpose was to make driving smooth and energy-efficient.

Data was collected from the literature related to hardware, by interviewing the operators and supervisors and by utilizing trends in hardware control.

An essential part of the thesis was to study of the optimization of the cooling water pumps as well as to create the necessary limit values for the pumps with a smooth ride in mind.

At the moment, the problem consists of a large amount of waste energy that is used by the unnecessary pumps. In the future, possible changes in the process could be apply for a precise instructions and automation.

KEYWORDS:

cooling water, waterworks

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Tavoite ja tausta	7
1.2 SSAB yrityksenä	7
1.3 SSAB, Hämeenlinna	8
2 VESILAITOS	9
2.1 Jäähdytysvesijärjestelmä	9
2.2 Rantapumppaamo	9
2.3 Välipumppaamo	9
2.4 Lämmönvaihtimien toimintaperiaate	11
2.5 Pystypumppujen toimintaperiaate	12
3 AJOTAPOJEN OPTIMOINTI	15
3.1 Raja-arvot	16
3.2 Pumppujen ajo	16
3.3 Lämmönvaihtimet	18
3.4 Vesistön lämmönvaihtelu	19
3.5 Ennakointi	20
3.6 Esimerkit	21
4 TUTKIMUSMENETELMÄT	26
5 EHDOTUKSIA PROSESSIIN	27
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29

LIITTEET

Liite 1. Välipumppaamon lämmönvaihtimien ajo-ohje

KUVAT

Kuva 1. Vesilaitoksen välipumppaamo	10
Kuva 2. Välipumppaamon jäähdytysvesipumput	10
Kuva 3. Lämmönvaihtimien toiminta	11
Kuva 4. Sinkki 3:n jäähdytysvesipumppu	12
Kuva 5. Näkymä vesilaitoksen ohjainlaitteelta	15
Kuva 6. Jäähdytysvesipumppujen ohjausnäkymä, yllä olevassa kuvassa käytössä pumput 3 ja 4	17
Kuva 7. Näkymä rantapumppaamon ohjauksesta, kuvassa käytössä pumppu 4	18
Kuva 8. Lämmönvaihdin välipumppaamolla	19

TAULUKOT

Taulukko 1. Raakavesi- ja jäähdytysvesipumppujen tekniset tiedot	13
Taulukko 2. Tilanteesta 1. saadut ohjausarvot taulukoituna	21
Taulukko 3. Tilanteesta 2. saadut ohjausarvot taulukoituna	22
Taulukko 4. Esimerkkitalanteen 1. ohjausarvot, energiankäyttö ja vaikutus paineeseen	23
Taulukko 5. Esimerkkitalanteen 2. ohjausarvot, energiankäyttö ja vaikutus paineeseen	24
Taulukko 6. Jäähdytysveden tehontarve	25

KÄYTETYT LYHENTEET

SSAB	Viitataan ruotsalaiseen teollisuuskonserniin.
JÄVE	Jäähdytysvesi
Vanha puoli	Suljettu kierto, sisältää kolme pumppua ja kolme lämmönvaihdinta
Sinkki 3:n puoli	Kuumasinkityslinja 3. Suljettu kierto, sisältää yhden pumpun ja kaksi lämmönvaihdinta

1 JOHDANTO

1.1 Tavoite ja tausta

Opinnäytetyön tarkoituksena on optimoida jäähdytysveden käyttöä SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalla. Prosessiin käytettävää raakavettä otetaan Vanaja-vedestä ja suurin osa noin 90–95 % tästä on pelkkää jäähdytykseen käytettyä vettä. Pieni osa tulevasta vedestä käytetään vesien jatkokäsittelyyn, eli hiekkasuodatetaan prosessivedeksi ja jatkokäsitellään kattilavedeksi.

Oleellista työssä on perehtyä ranta- ja välipumppaamon ajotapojen optimointiin, sekä asettaa pumpuille mahdollisia raja-arvoja. Tavoitteena on saada ajosta mahdollisimman tasaista ja ennakoivaa.

Jäähdytysveden tehon tarve vaihtelee suuresti riippuen tehtaan toiminnasta. Tästä syystä ajotapojen optimointi järjestelmään on tarpeen.

Jäähdytysvesijärjestelmään kuuluu rantapumppaamo, välipumppaamo sekä oheislaitteet, kuten pumput ja lämmönvaihtimet. Välipumppaamossa vettä pumpataan pumppujen avulla jäähdytysvesialtaasta lämmönvaihtimille. Lämmönvaihtimilta vesi kulkee tehtaalle, josta palaa takaisin jäähdytysvesialtaaseen. Tämä tapahtuu suljetusti eli voidaan puhua niin sanotusta ”suljetusta kierrosta”. Jäähdytykseen käytettävä raakavesi tuodaan rannasta rantapumppaamon kautta lämmönvaihtimille, jonka seurauksena saadaan suljettu kierto jäähdytymään. Suuri osa raakavedestä pumpataan siis vain lämmönvaihtimille ja takaisin vesistöön.

1.2 SSAB yrityksenä

SSAB yrityksenä perustettiin vuonna 1878, jolloin Domnarvets Jernverk aloitti toimintansa. Vuonna 1913 yksityiset osakkaat perustivat Oxelösunds Järnverk AB:n, jonka seurauksena vuosina 1914–1919 rakennettiin ensimmäinen tehdas, johon kuuluivat masuunit, koksaamot, voimalaitokset, konepajat, venesatamat

sekä toimistoja ja asuntoja. Varsinainen SSAB Svenskt Stål AB perustettiin vuonna 1978, pääomistajanaan Ruotsin valtio. (SSAB 2014.)

Nykyään SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva pohjoismainen ja yhdysvaltalainen teräsyhtiö. SSAB on maailmanlaajuisilla markkinoilla johtava pitkälle kehitettyjen lujien terästen ja nuorrutusterästen sekä nauha-, levy- ja putkituotteiden sekä rakentamisen ratkaisujen tarjoaja. SSAB työllistää noin 17 300 henkilöä 50 maassa. (SSAB 2014.)

Yhtiön vuotuinen teräksenvalmistuskapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia. SSAB:llä on tuotantolaitoksia Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Lisäksi yhtiöllä on terästuotteiden prosessointi- ja viimeistelylaitoksia Kiinassa ja useissa muissa maissa. Suomessa ja Ruotsissa tuotanto on osa masuuniprosessia. Yhdysvalloissa kierrätysteräksen perustuva valmistus tapahtuu valokaariuuneissa. (SSAB 2014.)

1.3 SSAB, Hämeenlinna

Vuonna 2014 tapahtuneen fuusion myötä Rautaruukista tuli osa SSAB-yhtiötä. Hämeenlinnan toimipisteen tuotantoon kuuluvat kylmävalssatut teräkset, maali- sekä metallipinnoitetut teräkset, rakenne- ja ohutseinäputket, teräspaalut, sekä ferriittiset ruostumattomat putket. (Ruukki 2014.)

Hämeenlinnassa jatkojalostetaan Raahessa valssattuja kuumakeloja noin 900 000 tonnia vuodessa. Ruukki keskittyy jatkossa entistä enemmän erikoisterästuotteisiin, joten Hämeenlinnan tehdasta on kehitetty entistä pidemmälle jalostettujen erikoistuotteiden valmistajaksi. Ruukki onkin teräksen jatkojalostajana merkittävä toimija myös kansainvälisesti. Noin puolet Hämeenlinnan tuotannosta lähtee vientiin ulkomaille ja puolet jää jalostettavaksi omille tehtaille tai asiakkaille. Hämeenlinnan tehdas on perustettu vuonna 1972, ja henkilöstö on tällä hetkellä noin 900 henkeä. (Ruukki 2012.)

2 VESILAITOS

2.1 Jäähdytysvesijärjestelmä

Jäähdytysvesijärjestelmän toiminta perustuu rannasta pumpattavan raakaveden kierrättämiseen lämmönvaihtimille. Suurin osa Vanaja-vesistöstä pumpatusta vedestä kierrätetään vaihtimien kautta takaisin vesistöön. Järjestelmään kuuluu rantapumppaamo, välipumppaamo sekä oheislaitteet, kuten pumput ja lämmönvaihtimet. Pumpatusta vedestä vain pieni osa noin 5 % hiekkasuodatetaan prosessivedeksi ja jatkokäsitellään kattilavedeksi. Prosessivedellä tarkoitetaan lähinnä sitä vettä, joka joutuu suoraan kosketukseen raaka-aineen tai tuotteen kanssa. Kattilavedeksi luokitellaan lisävesi, joka korvaa lauhdeveden häviöt. Kattilavedellä on yleensä eri käyttötarkoituksista ehdottomasti korkeimmat laatu- ja käsittelyvaatimukset. (Kytö 1974, 29.)

2.2 Rantapumppaamo

Rantapumppaamoon tuleva vesi ajetaan välppien ja ketjukorisuotimien läpi pumppuille. Pumppuja on yhteensä neljä kappaletta, joista kaksi on invertterikäyttöisiä ja kaksi suoravetoisia pumppuja. Invertterikäyttöisiä pumppuja pystytään ohjaamaan halutulla teholla, kun taas suoravetoiset pumput käyvät vakionopeudella. Pumppuja ajetaan tarvittavan jäähdytysvesimäärän mukaisesti, joka määräytyy sen hetkisestä jäähdytystarpeesta.

2.3 Välipumppaamo

Välipumppaamo sisältää jäähdytysvesialtaan, viisi kappaletta lämmönvaihtimia sekä neljä jäähdytysvesipumppua. Välipumppaamo voidaan eritellä kahteen osaan; ensimmäinen, uudempi Sinkki 3:n, puoli ajaa yhden pumpun ja kahden vaihtimen avulla ja toinen ”vanha puoli” ajaa kolmen pumpun ja kolmen vaihtimen

avulla vettä tehtaalle. Ajo tapahtuu suljetusti, joten jäähdytysvesialtaasta pumppattu vesi kiertää yksinkertaisuudessaan vaihtimien läpi tehtaalle ja palaa takaisin altaaseen.

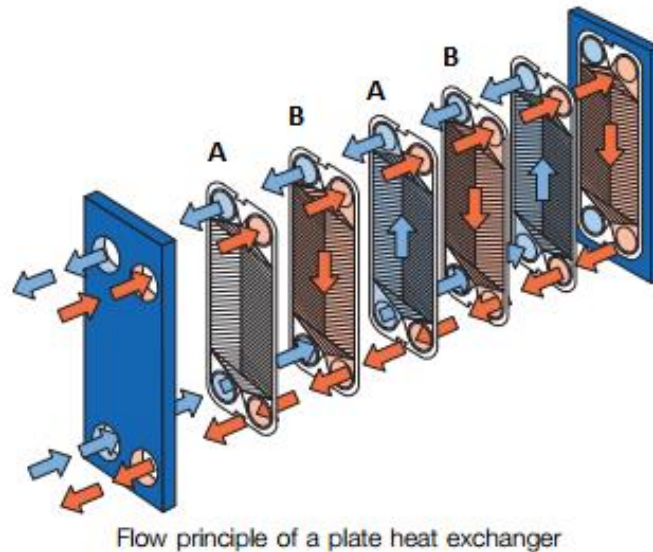


Kuva 1. Vesilaitoksen välipumppaamo



Kuva 2. Välipumppaamon jäähdytysvesipumput

2.4 Lämmönvaihtimien toimintaperiaate



Kuva 3. Lämmönvaihtimien toiminta

Levylämmönvaihtimien tehtävänä on jäähdyttää Vanajaveden rannasta saatavalla vedellä tehtaan käyttämä sisäisessä kierrossa kiertävä jäähdytysvesi. Tehdas asettaa vaatimukset veden lämpötilalle, jonka tarpeen mukaan säädellään rannasta tarvittavan veden määrää.

Kun kuvan levyt on puristettu pakaksi, muodostavat kulmissa olevat reiät yhtenäisiä tunneleita. Tunnelit johtavat lämmönsiirtoprosessissa kulkevat aineet sisääntuloista levypakkaan, jossa ne johdetaan levyjen välissä oleviin kapeisiin kanaviin.

Tiivisteiden järjestyksen ja A- ja B-levyjen vuoroittaisen sijoittamisen ansiosta kaksi nestettä menevät eri kanaviin; esimerkiksi lämmin vesi parittomien numeroiden kanaviin ja kylmä vesi parillisten numeroiden kanaviin.

Nesteet erottaa toisistaan ohut metalliseinä. Useimmissa tapauksissa nesteet virtaavat vastakkaisiin suuntiin, tehostaen jäähdytysprosessia.

Lämpimämmän nesteen kulkiessa kanavassa luovuttaa se lämpöenergiansa ohueen metalliseinämään, joka välittömästi luovuttaa sen toiselle puolelle kulkevaan kylmempään nesteeseen. Lämpimämmän nesteen lämpötila laskee kun, taas kylmempi neste lämpenee.

Lopuksi nesteet menevät samanlaisiin reikäputkisiin levyjen toisessa päässä ja poistuvat lämmönsiirtimestä. (Alfa-Level 2014.)

2.5 Pystypumppujen toimintaperiaate



Kuva 4. Sinkki 3:n jäähdytysvesipumppu

Pystypumppu on tarkoitettu jatkuvaan toimintaan pumppaamaan puhtaita, kuluttavia tai syövyttäviä nesteitä, mutta ei viemärivettä tai muuta vastaavaa. Tämän vuoksi pystypumppu soveltuu hyvin esimerkiksi jäähdytysvesipumpuksi.

Alapäässä pumpun pesä juoksupyörineen on upotettuna pumpattavaan nesteeseen. Yläpäässä tavallisimmin kuivassa tilassa sijaitsee toimiva käyttömoottori, josta pumpattava neste virtaa kannatusputkea myöten ylös painehaaraan.

Taulukossa 1 näkyvät pumppujen tekniset tiedot vesilaitoksella käytössä olevista pumpuista.

Taulukko 1. Raakavesi- ja jäähdytysvesipumppujen tekniset tiedot

Raakavesipumput

Pumppu 5

Tuotto	300 l/s
Nostokorkeus	65m
Juoksupyörän Ø	400/360mm
Pyörimisnopeus	1480 r/min
Moottorin teho	315 kW
INVERTTERIKÄYTTÖ	

Pumppu 4

Tuotto	300 l/s
Nostokorkeus	65m
Juoksupyörän Ø	400/360mm
Pyörimisnopeus	1480 r/min
Moottorin teho	315 kW
INVERTTERIKÄYTTÖ	

Pumppu 3

Tuotto	200 l/s
Nostokorkeus	52m
Juoksupyörän Ø	340/320mm
Pyörimisnopeus	1480 r/min

Pumppu 2

Tuotto	150 l/s
Nostokorkeus	52m
Juoksupyörän Ø	330/310mm
Pyörimisnopeus	1480 r/min

Jäähdytysvesipumput

Jäähdytysvesipumput 1-3

200 l/s, (800 m³/h)

60m

1483 r/min, 200 kW

Sinkki 3:n kierron uusi pumppu

236 l/s, (850 m³/h)

75m

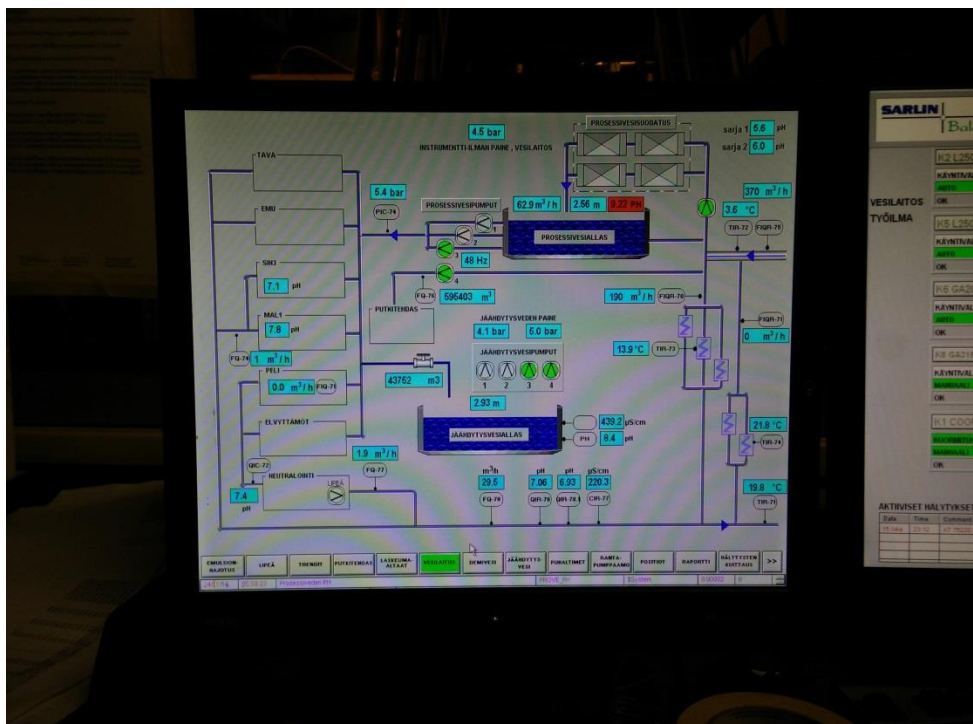
1480 r/min, 315 kW

3 AJOTAPOJEN OPTIMOINTI

Ajotapojen optimoinnin tarkoituksena on luoda yhteiset ajo-ohjeet kaikille jäähdytysveden käyttöä ohjaaville henkilöille. Tavoitteena on saada energiankäyttö laskemaan ja ajaa vain tarvittava määrä vettä tarvittavilla pumpuilla. Rantapumppaamolla sijaitsevien pumpppujen ohjaus pyritään pääosin pitämään vakiona, jolloin ohjaus keskittyy suurilta osin välipumppaamon pumpppujen ajoon.

Huomion arvoisia seikkoja ovat muun muassa Vanaja-vesistön lämpötilan vaihtelu, joka suoranaisesti vaikuttavaa rantapumppaamon ajotapaan. Myös tehtaan jaksottaiset ajotavan aiheuttamat vaihtelut on syytä huomioida, tällaiset vaihtelut vaikuttavat välipumppaamon ajotapaan.

Jäähdytysvesiprosessin ajoa seurataan lähinnä paineen mukaan. Tehdas asettaa vaatimuksensa jäähdytysveden paineelle, jonka mukaan pumppuja säädelään. Yleisesti järjestelmässä pyritään pitämään 4 baarin paine.



Kuva 5. Näkymä vesilaitoksen ohjainlaitteelta

3.1 Raja-arvot

Energiansäästösyistä on tärkeää ajaa mahdollisimman vähillä pumpuilla. Jäähdytysvesipumppuja tulee ottaa käyttöön lisää vasta, kun aikaisemmat pumpput eivät riitä täysillä tehoilla. Raja-arvona voidaan pitää siis 100 % jäähdytysvesipumpuille.

Rantapumppaamon ajamiseen riittää pääsääntöisesti kesäisin kaksi pumppua ja talvella yksi pumppu. Näitä pystytään ohjaamaan suoraan tietokoneen välityksellä. Rannasta pumpattava paine on noin 3-5 baaria.

Vanhan puolen jäähdytysveden paine tulee ajettaessa olla minimissään 3.5 baaria ja maksimissaan 5.0 baaria. Tälle välille osuva arvo takaa tarvittavan paineen tehtaalle. Linjaa on hyvä ajaa tavallisesti pienellä ”ylipaineella”, noin 4.0 baaria, jotta tehtaan automaattiventtiilien aiheuttamat tavalliset heilahdukset eivät vaikuta ajoon. Suurimmat hystereesin aiheuttajat ovat tandem-valssaus ja hehkutus.

Uudempaa sinkki 3:n jäähdytystä ajetaan 5.0 baarin ja 7.0 baarin välillä. Tällä puolella varsinaista hystereesiä ei tavallisesti juuri tapahdu. Käytännössä ainoastaan vaihtimien ja ohituksen säätö voivat aiheuttaa heilahduksia paineissa.

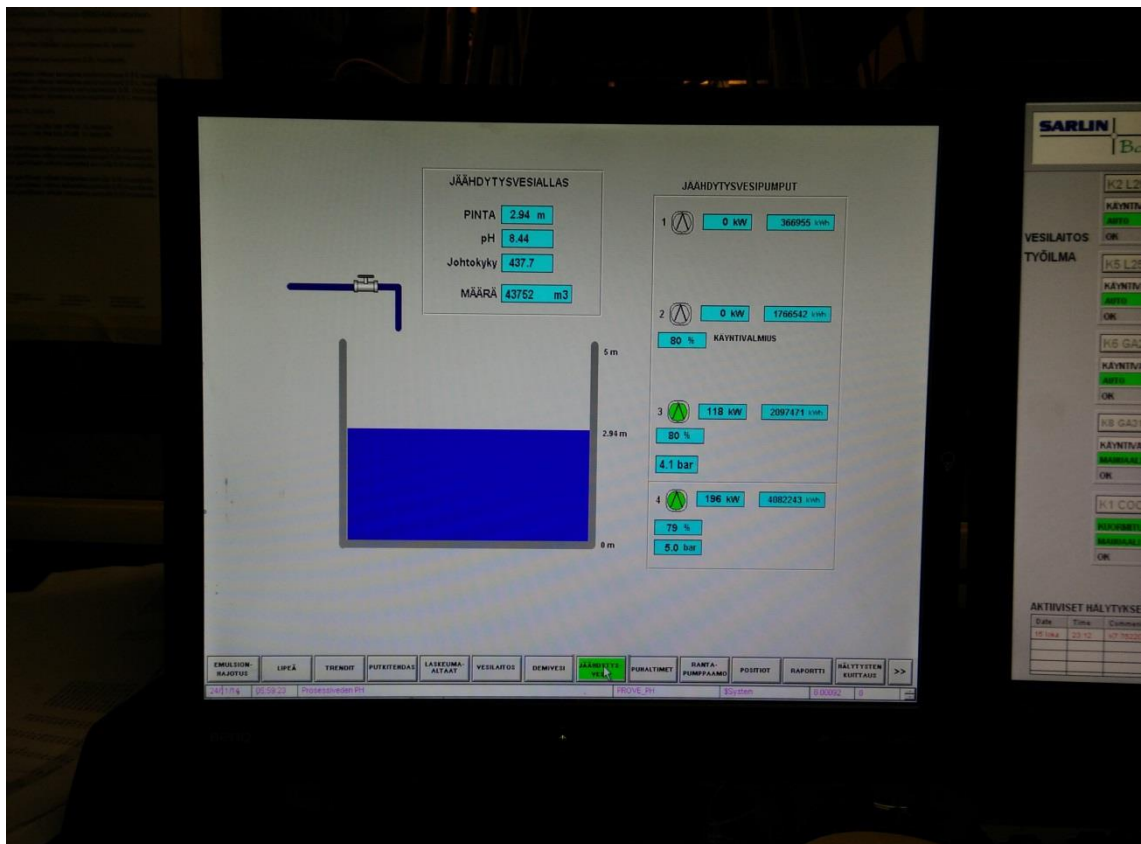
Muiksi raja-arvoiksi voidaan lukea prosessivesialtaan suodattimille tuleva lämpötila, jonka tulee olla yli 10 °C altaassa olevien saostuskemikaalien vuoksi. Tarvittaessa prosessivettä lämmitetään jäähdytysvedellä vaihtimien avulla. Jäähdytysvesijärjestelmään ajetaan vettä vähintään 300m³/h toiminnan kannalta. Tämän avulla saadaan pidettyä tarvittava kierto järjestelmässä.

3.2 Pumppujen ajo

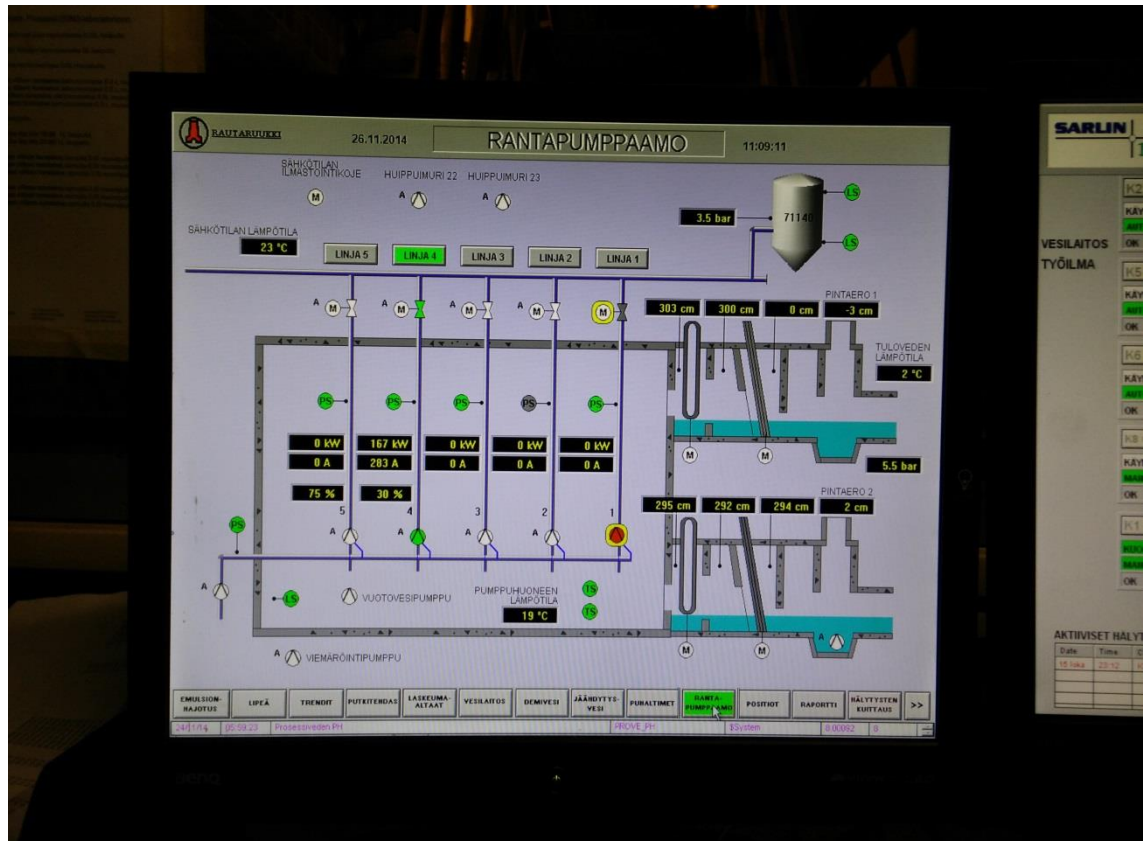
Aikaisemmin jo esille tullutta turhaa lisäpumppujen käyttöä tulisi välttää. Jäähdytysvesipumpuilla ajetaan niin kauan kuin tehot riittää ja vasta tämän jälkeen otetaan lisäpumppuja käyttöön, mikäli tarvitaan. Lisäpumppuja käyttöönottaessa on

tärkeää huomata, että vaihtimia on vähintään sama määrä käytössä kuin pumppuja. Lisääntyneen vesimäärän vuoksi vaihtimien läpäisykyky ei riitä jäähdyttämään tehokkaasti kahden pumpun tuottamaa vesimäärää.

Järjestelmästä löytyy sekä suoraveto- että invertteriohjattuja pumppuja. Usein mikäli ajo on pientä, suoravetopumppua käytettäessä päästään vieläkin parempaan hyötysuhteeseen. Energiansäästö kasvaa entisestään verrattuna invertteriohjatun pumppuun ja tarvittava painetaso saadaan pidettyä yllä.



Kuva 6. Jäähdytysvesipumppujen ohjausnäkymä, yllä olevassa kuvassa käytössä pumput 3 ja 4



Kuva 7. Näkymä rantapumppaamon ohjauksesta, kuvassa käytössä pumppu 4

3.3 Lämmönvaihtimet

Lämmönvaihtimia voidaan käyttää tarvittaessa niin lämmitykseen kuin jäähdytykseenkin. Kyseisessä järjestelmässä vaihtimilla pääsääntöisesti jäähdytetään. Kaksiosaiseen vaihtimeen ajetaan rannasta tulevaa vettä, jolla jäähdytetään suljetussa kierrossa kiertävää jäähdytysvettä. Tarvittaessa esimerkiksi talvella, voidaan vaihtimia myös käyttää lämmittämiseen. Jäähdytysvesialtaasta otetulla vedellä saadaan vaihtimia käyttämällä lämmitettyä prosessivesi tarvittavaan lämpötilaan.

Ohjauksessa huomioitavaa on tarkastaa, että lämmönvaihtimia on käytössä vähintään vastaava määrä kuin pumppuja. Esimerkkinä yksi vaihdin, kahdella pumpulla ajettaessa ei riitä jäähdyttämään.



Kuva 8. Lämmönvaihdin välipumppaamalla

3.4 Vesistön lämmönvaihtelu

Suuri muuttuva tekijä järjestelmässä on rannasta tulevan veden lämmönvaihtelu. Vesistön lämpötila muuttuu kesän ja talven välillä lähes 25 °C, mikä aiheuttaa oleellisesti omat muutoksensa ohjaukseen.

Kesällä ajettaessa on selvää, että jäähdytykseen käytettävää raakavettä tarvitaan huomattavasti enemmän. Tämän seurauksena jäähdytysvesi- ja rantapump-

puja on käytössä enemmän ja energiankulutus on suurempaa. Veden lämmitessä riittävästi asettaa se omat haasteensa jäähdytykseen. Se asettaa rajat myös tehtaalle toimitettavaan jäähdytysvedeen. Veden ollessa 25 °C järjestelmää saadaankin ajaa lähes täydellä teholla ja jäähdytysveden lämpötila tässä tilanteessa puhtailla vaihtimilla on raakavesi +3 °C.

Talvella tilanne on täysin vastakohtainen. Rannasta tuleva vesi on kylmää, lähes 0 °C, jolloin sen teho jäähdytykseen käytettäessä on huomattavasti suurempi. Tällaisessa tilanteessa riittää järjestelmän ajaminen lähes minimitehoilla, jolloin käyttöön riittää rannasta yksi pumppu sekä yksi jäähdytysvesipumppu vanhalle puolelle ja yksi uudemmalle sinkki 3:n puolelle.

3.5 Ennakointi

Ennakointi tämänkaltaisessa ja kokoisessa järjestelmässä on melko haastavaa. Ohjauksen vaikutus on käytännössä myöhäistä kun, järjestelmässä tapahtuvat heilahdukset ovat kestoiltaan useita sekunteja. Mikäli kuitenkin on tiedossa tehtaalla aiheutuvat vaihtelut, voidaan ohjausta jäähdytysvedelle muuttaa ennakoivasti.

Esimerkkinä paine saattaa viiden sekunnin sisällä laskea yhden baarin tehtaalla tapahtuvien muutosten vuoksi.

Tarkempiin ”ennakoiviin muutoksiin” päästäisiin todennäköisesti perehtymällä tehtaan päässä tapahtuvaan toimintaan. Perehtymisen kohteena voisi olla esimerkiksi se, kuinka venttiileitä käytetään ja olisiko niissä mahdollisesti kehittämisen varaa.

Vesistön lämmönvaihtelusta aiheutuvat muutokset pystytään ennakoimaan hyvin ohjaukseen seuraamalla tarkasti Vanaja-vesistön lämpötilaa.

3.6 Esimerkit

Alla olevien esimerkkien, Tilanne 1:n ja Tilanne 2:n ajankohdilla on noin kaksi kuukautta eroa. Vanaja-vesistössä on lämpötila vaihtunut tilanteiden välillä noin 8 °C, joka esiintyy suoranaisesti pumppujen ohjauksessa.

Tilanteessa 1 rannasta pumpataan vettä noin 520 m³/h. Tämä kyseinen määrä riittää jäähdyttämään tehtaalle menevän jäähdytysveden. Jäähdytysveden paineiksi on ohjattu 4.1 baaria vanhalle puolelle ja 5.0 baaria uudemmalle sinkki 3:n puolelle. Tähän tilaan pumppu 3 kuluttaa 80 % teholla 117 kW energiaa ja pumppu 4 79 % teholla 195 kW. Rantapumppaamolla on käytössä yksi invertteriohjattu pumppu 35 %:n teholla. Pumppujen käyttämä energia on yhteensä noin 483 kW.

Taulukko 2. Tilanteesta 1. saadut ohjausarvot taulukoituna

Rannasta tuleva vesimäärä		~520 m ³ /h	
Jäähdytysveden paine		4.1 bar / 5.0 bar	
Pumppu 3	80 %	117kW	4.1 bar
Pumppu 4 (Sinkki 3)	79 %	195 kW	5.0 bar
Pumppuja käytössä 2 kpl			
Rantapumppu (Invertteri)	35 %	171 kW	
Lämpötila vaihtimien jälkeen			
Vanha puoli	14.1 °C		
Sinkki 3	19.6 °C		
Lämpötila rantaan	15.0 °C		
Lämpötila rannasta	3.6 °C		

Aikaisempaan tilanteeseen verrattuna vettä pumpataan rannasta lähes puolet enemmän. Paineet on ohjattu pumpulla 3, 95 % teholla 4.0 baariin ja pumpulla 4, 86 % teholla 5.0 baariin. Rantapumppaamolla on yksi invertteriohjattu pumpppu täydellä teholla käytössä. Pumppujen käyttämä energia on yhteensä noin 600 kW.

Taulukko 3. Tilanteesta 2. saadut ohjausarvot taulukoituna

Rannasta tuleva vesimäärä		~1100 m ³ /h	
Jäähdytysveden paine		4.0 bar / 5.0 bar	
Pumppu 3	95 %	146kW	4.0 bar
Pumppu 4 (Sinkki 3)	86 %	209 kW	5.0 bar
Pumppuja käytössä 2 kpl			
Rantapumppu (Invertteri)	100 %	245 kW	
Lämpötila vaihtimien jälkeen			
Vanha puoli	16.0 °C		
Sinkki 3	18.4 °C		
Lämpötila rantaan	21.0 °C		
Lämpötila rannasta	11.7 °C		

Kahden tilanteen välillä energiankulutuksessa eroa oli jo 117 kW, ero kasvaa suuremmaksi mitä enemmän vesistö lämpiää.

Tilanteissa pumppuja ohjattiin halutuilla prosenttiarvoilla ja seurattiin vaikutusta energiankulutukseen sekä paineeseen.

Esimerkki 1. Pienellä kulutuksella ajettaessa, yhdellä pumpulla 80 % teholla saadaan pidettyä yllä 4.2 baarin painetta verkossa. Vastaavaan paineeseen päästää kahdella pumpulla ajettaessa 70 % teholla kummallakin. Jo vastaavassa tilanteessa energiaa kuluu 75kW enemmän.

Taulukko 4. Esimerkkitalanteen 1. ohjausarvot, energiankäyttö ja vaikutus paineeseen

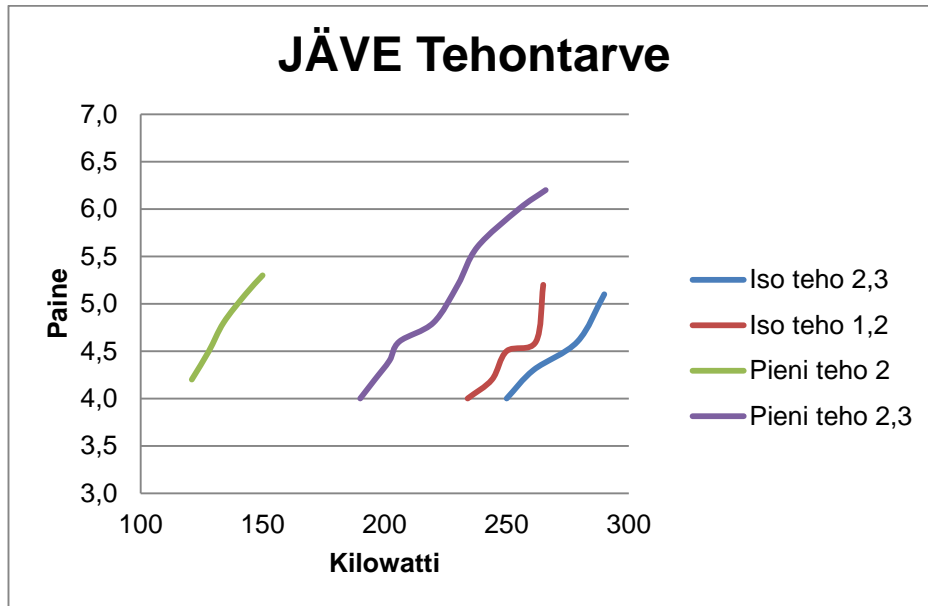
Tilanne	Pieni kulutus					
Pumppu	1.	2.	3.	4.	bar	kW
		80 %			4,2	121
		85 %			4,5	128
		90 %			4,8	134
		95 %			5,1	143
		100 %			5,3	150
		67 %	67 %		4,0	190
		70 %	70 %		4,2	196
		72 %	72 %		4,4	202
		75 %	75 %		4,6	206
		80 %	80 %		4,8	220
		85 %	85 %		5,2	230
		90 %	90 %		5,6	238
		95 %	95 %		6,0	255
		100 %	100 %		6,2	266

Esimerkki 2. Isolla kulutuksella ajettaessa energiatehokkain arvo 4.0 baarin paineelle saatiin ajamalla ensimmäistä pumppua 100 % ja toista pumppua 80 % arvoilla. Ohjauksen vaikutus näkyy vastaavasti energiankulutuksessa tässäkin tapauksessa.

Taulukko 5. Esimerkkitilanteen 2. ohjausarvot, energiankäyttö ja vaikutus paineeseen

Tilanne	Iso kulutus					
Pumppu	1.	2.	3.	4.	bar	kW
		80 %	80 %			
		85 %	85 %		4,0	250
		90 %	90 %		4,3	261
		95 %	95 %		4,6	279
		100 %	100 %		5,1	290
	100 %	80 %			4,0	234
	100 %	85 %			4,2	244
	100 %	90 %			4,5	250
	100 %	95 %			4,6	262
	100 %	100 %			5,2	265

Taulukko 6. Jäähdytysveden tehontarve



4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusmenetelminä työssä käytettiin haastatteluja, kirjallisuutta sekä aiheesta löytyvää tietoa. Haastattelin ja keskustelin aiheesta päivittäin prosessia ohjaavien henkilöiden kanssa, jotka kertoivat omia näkemyksiään prosessin kulusta ja mahdollisista ongelmakohdista. Haastateltavilta saatu tieto oli erittäin arvokasta tehtyä työtä ajatellen. Työnjohto antoi työhön kokonaisvaltaisen kuvan sekä selkeän näkemyksenä prosessin ongelmista ja parannusmahdollisuuksista.

Prosessista kerätty tieto saatiin ohjaamalla prosessia halutusti ja keräämällä muutosten aiheuttamat tiedot ylös. Oleellista tietojen keräämisen kannalta oli suorittaa kokeita erilaisilla vesistönlämpötiloilla. Ajotapojen varsinaiseen optimointiin liittyen oli erityisen oleellista päästä ohjaamaan prosessia itse ja kerätä tarvittavaa tietoa ajotapoihin liittyen yhdessä ammattilaisten kanssa.

Haastateltua tietoa on käytetty osana työtä eri vaiheissa. Prosessista kerätyt tulokset ja kerätty tieto on saatu yhdessä työntekijöiden kanssa. Prosessinkulku, käytännön ideat ja toiminta sekä parannusehdotukset on saatu haastatteleamalla erinäisiä prosessin parissa työskenteleviä henkilöitä.

5 EHDOTUKSIA PROSESSIIN

Työtä aloittaessa yhtenä pääkohtana oli tarkoitus miettiä automatisoinnin mahdollisuuksia jäähdytysvesilaitteistoon. Nykyisin pumppujen tehoja ohjataan manuaalisesti ja pumppujen käynnistys ja sammutus tapahtuu käsin pumpuilta.

Automatisoinnin käyttöä voisi suunnitella juuri pumppujen tehon ohjaamiseen. Tämänkaltaista ideaa voitaisiin ohjata asetetun paineen avulla ja määrittää näin tarvittava teho käynnissä oleville pumpuille. Mittalaitteita lisäämällä ohjauksesta saataisiin täsmällisempää ja prosessista oltaisiin ajan tasalla. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin ohjaus tilanteissa, jossa prosessissa tapahtuu heilahduksia. Tämänkaltaisissa tilanteissa automatisoinnin tulisi huomioida heilahduksen kesto, esimerkiksi yli kymmenen sekuntia kestävä heilahdus huomioitaisiin ja pumppuja alettaisiin ohjata vasta tämän jälkeen.

Mikäli pumppujen käynnistys ja pysäytys haluttaisiin myös automatisoida, olisi suotavaa lisätä laitteistoon turvalaitteita ja videointia valvomoon ongelmatilanteiden varalle. Käynnistuksen tulisi tapahtua vasta sitten, kun aikaisemmat pumput eivät riitä, esimerkiksi aikaisempien pumppujen ollessa 95 %:n ajolla 2 minuutin ajan voitaisiin rinnalle käynnistää tarvittava lisäpumppu.

Käynnistys- ja pysäytysautomaatiikka:

Käynnistys, kun oloarvo on alle asetusarvon

Pysäytys, kun oloarvo on yli asetusarvon esimerkiksi 2 minuuttia.

Rajoitukset asetettava putkiston paineluokan ja pumppujen asettamien vaatimusten mukaisiksi.

Pumppujen liiallinen käynnistys ja liian tarkka ohjaus kuluttaa laitteistoa eikä ole tarpeen kyseisessä prosessissa. Pumppujen huoltokulut kasvavat suuremmiksi kuin sähkönsäästö.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyönä suoritetun Jäähdytysvesien käytön optimoinnin tarkoituksena oli luoda ajo-ohje laitteiston ohjaukseen. Työssä oli tärkeää perehtyä erityisesti tämänhetkisiin ajotapoihin ja energiankulutuksiin. Ajotavoissa ilmeni suuria vaihte-luita työntekijöiden kesken. Sääntöjä noudattamalla saavutetaan säästöjä ener-giankulutuksessa sekä parannetaan laitteiden käyttöikää.

Jäähdytysvesien käytön ymmärtämiseksi oli tärkeää tutustua järjestelmään ja sen toimintaan tarkemmin. Tutustumisessa suurena apuna olivat työntekijät, jotka auttoivat selvittämään prosessia ja tuomaan esille siinä esiintyviä ongelma-kohtia. Järjestelmään vaikuttavat ulkoiset tekijät, kuten vesistönlämpötila ja teh-taalla tapahtuvat muutokset, jotka osakseen toivat haasteita käyttöön.

Opinnäytetyössä sain mielestäni kerättyä halutut tiedot käytön optimoimiseksi. Työ osaltaan oli mielenkiintoinen ja haastava. Prosessi oli itselle varsin tuntema-ton ja aiheesta ei löytynyt erityisemmin kirjallisuutta, joka toi lisähaasteita. Työn edetessä sain opettavaista tietoa prosessin kulusta ja sen vaatimuksista. Kaikki-aan opinnäytetyö kehitti vahvuuksia prosessin kulun ymmärtämisestä ja opti-moinnista, sekä selkeytti ajatuksia vastaavista tehtävistä.

LÄHTEET

Alfa-Level 2014. M30 Plate Heat Exchanger Viitattu 11.11.14

<http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/gasketed-industrial-range-phe/Documents/M30.pdf>

Juhani Kytö, 1974 Teollisuuden vedenhankinta ja veden käyttö, Viitattu 07.04.15

Ruukki 2014. Ruukin toimipisteet Viitattu 7.10.14

<http://www.ruukki.fi/Ota-yhteytta/Ruukin-toimipisteet>

Ruukki 2012. Ruukin Hämeenlinnan tehdas täyttää 40 vuotta Viitattu 07.04.15

<http://www.ruukki.fi/Uutiset-ja-tapahtumat/Uutisarkisto/2012/Ruukin-Hameenlinnan-tehdas-tayttaa-40-vuotta>

SSAB 2014. SSAB lyhyesti Viitattu 7.10.14

<http://www.ssab.com/fi/Investor--Media/Tietoa-SSABsta/SSAB-lyhyesti/>

VÄLIPUMPPAAMON LÄMMÖNVAIHTIMIEN AJO-OHJE

Jäähdytysvesialtaan lämpötila pyritään pitämään 20 – 25 asteessa

- talvella saadaan pienellä lämmönvaihtimella lämmitettyä prosessivettä, kun raakavesi on kylmää (oltava yli 10 °C kemikaalien toiminnan kannalta)
- kesällä altaan lämpötilaa ei aina saada näin alhaiseksi

Tehtaan vaatima jäähdytysteho vaihtelee suuresti

jäähdytysteho = tehtaalle menevän veden lämpötila x virtausmäärä, eli mitä kylmempää vettä tehtaalle menee sitä vähemmän sitä tarvitsee pumpata!
Tehtaalle menevän jäähdytysveden lämpötilan näkee suoraan näytöltä.

Jäähdytysveden painetta saa nostettua:

- lisäämällä jäähdytysveden virtausta
 - lisää pumppuja käyttöön
- jäähdyttämällä jäähdytysvettä enemmän
 - lisäämällä rannasta raakaveden painetta
 - lisäämällä vaihtimien raakaveden virtausta
 - toimii hyvin, kun raakavesi on kylmää

1 kpl jäähdytysvesipumppu päällä - 1-2 vaihdinta ajossa

2 kpl jäähdytysvesipumppuja päällä - 2 vaihdinta ajossa

- kahden pumpun tuotto ei mahdu virtaamaan yhden vaihtimen läpi
- raakaveden virtaama pitää olla vähintään n. 300 m³/h, muuten ei saada kokonaisjäteveden näytettä
- vähintään yhden vaihtimen jäähdytysvesipuoli pitää olla **aina täysin auki**

Vaihtimien **tulopuolen** venttiilit pidetään **auki**

Vaihtimien **jättöpuolen** venttiileillä **säädetään** virtaus

- raakavettä säädetään ylhäältä huom. min 0.2 bar vaihtimien jälkeen
- jäähdytysvettä säädetään alhaalta

Ohjeellisina paineina voidaan pitää:

raakavesi rannassa	3 – 5 bar
raakavesi pumppaamalla	1 – 3 bar

jäähdytysvesi meno	3.5 – 5 bar vanhalla puolella vaihtimien jälkeen
jäähdytysvesi meno	5 – 7 bar sinkki 3 vaihtimien jälkeen

- painetta saa säädettyä putkitunnelista 4 – kaivon vierestä
- jäähdytysveden paluuputken venttiiliä säätämällä
- normaalisti ei tarvitse säätää

JÄVE–PUMPPUJEN OHJAUS

VANHA PUOLI:

Jäve 1 on suoravetoinen

Jäve 2 ja 3 ovat invertterin perässä

- ohjausmahdollisuus 60 – 100 %
- prosentit muutetaan manuaalisesti näytöltä
- ohjearvo min. 4 bar

HUOM! TEHOA EI SAA PIENENTÄÄ ALLE 80 %! Pumppu alkaa resonoida!

SIN 3 PUOLI:

Jäve 4 invertterin perässä

- ohjausmahdollisuus 60 – 100 %
- prosentit muutetaan manuaalisesti näytöltä
- ohjearvo min. 5 bar

Pumppujen käynnistys ja pysäytys kuin ennen